原 著 論 文

心理的要因が脳波 (α 波) 1/f ゆらぎに及ぼす影響

岡 孝典 山村 善治* 市川淳一郎
横山 佳郎 岡 俊男 倉知 正和

Influence by Psychological Effects on 1/f Fluctuation in Brain Waves (α Waves)

Takanori Oka, Yoshiharu Yamamura*, Jun-ichirou Ichikawa,
Yoshiro Yokoyama, Toshio Oka and Masakazu Kurachi

Abstract: The purpose of this study was to examine changes of 1/f fluctuation of brain waves with before and after psychological stress load. A 10-minute mental arithmetic test was used.

As a result of giving a psychological stress load, it was suggested that emotional variation is related to changing the 1/f fluctuation spectral of a brain wave.

Key words: psychological stress, 1/f fluctuation, brain wave

I. 緒 言

近年, 社会情勢の急速な変化に伴って人々の価値観が多様化してきていることもあって, 人々の社会生活上でのストレスは確実に増加している¹⁾. 現代社会においては, こうした増加傾向にあるストレスが大きな要因として考えられている循環器系疾患や消化器系疾患といった内部環境性要因による全身的疾病が増加傾向を示してきている²⁾.

一方, 顎口腔領域においても, その発症率の増加傾向から重要性が指摘されている顎口腔系機能異常の発症要因として, 緊張, 不安といった心理, 精神的ストレスがあげられている³⁾.

顎口腔系機能異常の問題点としては, 全身的, 局所的な器質的要因との相乗作用によって複雑な病態を表出し, 鑑別診断を煩雑としていること, あるいはその治療効果の発現遅延や低減があげられる. このため顎機能異常の適切な診断, 治療を行う上で患者の精神, 心理的特性を把握する

ことは必要不可欠のものとなってきた.

われわれの教室では生体個々の心理状態を把握する手段⁴⁾として, 脳波の α 波周波数の 1/f ゆらぎ解析^{5~7)}に着目し一連の研究を行ってきた.

本研究は, 顎機能異常の発症要因として考えられている心理精神的ストレスの負荷が, 脳波の周波数ゆらぎをどのように変動させるのかを検討したものである.

II. 研究方法

1. 被験者

被験者として本学歯学部学生のなかから, 脳波に影響を与えるような疾病 (脳の血管障害あるいは循環障害, 頭部外傷, 内分泌障害, 代謝障害) の既往歴を全身的, 局所的に認めず, 心理的側面に異常が認められないと判断した 50 名 (男性: 22~26 歳) を選択した.

2. 暗算テストによる刺激負荷

精神的ストレスとして暗算テストを行った.

暗算は主に交感神経 β 系を刺激する精神的ストレスとなり⁸⁾, 本実験ではあらかじめテープレコーダーに記録しておいた 2 桁の数値の暗算 (加減乗除の組合せ) を, 防音室内にて 1 分間に 10 問の割合で 10 分間行わせ, 口答させた.

朝日大学歯学部総合歯科学講座 (主任: 倉知正和教授)

*朝日大学歯学部歯科補綴学第 2 講座 (主任: 倉知正和教授)

Department of General Dentistry, School of Dentistry, Asahi University (Chief: Prof. Masakazu Kurachi)

*The 2nd Department of Prosthetic Dentistry, School of Dentistry, Asahi University (Chief: Prof. Masakazu Kurachi)

平成 10 年 3 月 11 日受付

図 1 Electroencephalograph EEG-PT
脳波計測用装置 EEG-PT

なお、被験者にはあらかじめ練習させて、テストの要領を習得させた。

3. STAI による評価

各被験者刺激負荷後の心理的特徴は、質問紙法による心理テストによって評価した。

ストレス評価を目的として作成された質問紙は、ストレス反応が表れていても自覚症状のない場合にライフ・ストレスの度合いを他覚的に調査する方法と、ストレス反応の自覚症状を調査する方法に大別される⁹⁾。本論では後者に分類される日本版 STAI (State-Trait Anxiety Inventory) を用いた。

本テストは Spielberger が考案した原版¹⁰⁾を基に中里ら¹¹⁾が日本語版として標準化したもので、不安のアセスメントとして状態不安尺度 (State Anxiety) と特性不安尺度 (Trait Anxiety) という 2 種類の異なったタイプの不安を区別し、別々に測定するものである。両尺度とも 20 項目から構成されており、4 つのカテゴリー (全くちがう、いくらか、まあそうだ、その通りだ) のなかから 1 つを選択するが、それぞれ 1~4 点が配置されている。本論では、この 2 種の不安尺度のうち、個人がそのときおかれた主観的、意識的に認知される感情状態と自律神経系活動から成立する一時的な情緒状態を直接的に反映するとされる状態不安尺度¹²⁾によって評価した。なお、STAI の施行は暗算テストによる刺激負荷直後 (以後、負荷後とする) のみとした。

4. 脳波の 1/f ゆらぎ解析

脳波 (α 波) は閉眼状態を前頭部につけたセンサー (電

図 2 Experimental scenery
計測風景

図 3 Diagram of the experiment
実験のダイアグラム

極) によって導出した。脳波計測用装置 EEG-PT (ライテックス社製) (図 1) を用いて計測した (図 2) 原脳波は、サンプリング周波数 128 Hz で採取し、A/D 変換後、MO ディスクに記録した。その後、当教室で開発した“脳波 1/f ゆらぎ計測システム”を用いて α 波周波数のパワースペクトル密度 (以後、スペクトルとする) を表示させた (図 3)。

“1/f ゆらぎ計測システム”の概要を以下に示す。計測原脳波から α 波帯域 (8~13 Hz) の周波数成分を抽出後、ゼロ交差法を用いて、波形が負電位の方向から正電位の方向に横切る点を F/V コンバータを介したパルス出力として検出する。その後、パルスごとの間隔時間の逆数をとって点過程時系列に変換したサンプリングデータを、FFT 法によりスペクトル解析し、縦軸にパワー値、横軸に周波数を配置した両対数グラフ上にスペクトル表示させるものである。

このゆらぎスペクトルは、低周波数領域から高周波数領域にいくに従って右下がりの直線的な波形を示すが、このスペクトル波形の右下がりの部分について、最小 2 乗法による直線近似して得た傾き (以後、傾斜値¹³⁾とする) と、その傾きを開始する周波数 (以後、起始周波数¹³⁾とする)

図 4 Parameters of 1/f fluctuation in brain wave
1/f ゆらぎの観測パラメータ

表 1 Variation of 1/f fluctuation in brain wave
脳波ゆらぎの変動様相

	傾斜値			起始周波数		
	安静期	負荷期	回復期	安静期	負荷期	回復期
Mean	-0.87	-0.84	-0.85	1.26	1.77	0.76
S.D.	0.042	0.040	0.036	0.491	0.045	0.547
最大	-0.75	-0.77	-0.76	2.81	2.37	2.31
最小	-0.95	-0.93	-0.94	0.44	0.37	0.50

を観測パラメータとした (図 4)。

なお、脳波の計測は、安静時 (以後、安静期とする)、暗算を行わせた刺激負荷時 (以後、負荷期とする)、そして負荷を終了した 10 分後の安静時 (以後、回復期とする) の 3 時期とした。

5. 分析方法

計測時期ごとで求めた脳波のゆらぎスペクトルの傾斜値、起始周波数の平均値、標準偏差の変動様相を観測した後、負荷期の 50 サンプルを用いて、STAI 得点を目的変数とし、ゆらぎスペクトルの傾斜値、起始周波数を説明変数とした重回帰分析して求めた重相関係数から両者間の関連性を検討した。

III. 結 果

1. 脳波のゆらぎ様相

計測 3 時期における傾斜値と起始周波数の観測データを表 1 に示す。

傾斜値では、平均値は 3 計測時期ともに 1/f ゆらぎである -1 よりもやや緩やかな傾き (-0.84 ~ -0.87) を示し、計測時期間での大きな差はみられない。標準偏差では安静期、負荷期、回復期の順に段階的に減少し、バラツキ

図 5 Distribution to evaluation group standard of STAI
STAI の評価段階基準による分布様相

表 2 Result of multiple regression analysis
重回帰分析結果

重相関係数	0.174
偏相関係数	傾斜値 0.143
	起始周波数 -0.027

が少なくなる傾向を示した。

起始周波数では、平均値が安静期 (1.26) に比較して負荷期 (1.77) で大きな値を示し、負荷期には 1/f 的な傾きをもつスペクトルの帯域幅が減少することがうかがわれた。また回復期には減少し 1/f 的な傾きをもつスペクトルの帯域幅が増大した。標準偏差は負荷期が安静期、回復期に比較して小さな値を示した。

2. STAI の状態不安得点

状態不安得点は、21~67 点の間に分布し、平均は 42.44 であった。図 5 は全被験者の得点分布を評価段階基準による分類下でのヒストグラムである。IV 群に最大の 20 名が、次いで III 群に 15 名が、そして II、III 群に各 7 名が分布した。

3. 脳波ゆらぎと心理テストとの相関性

表 2 に STAI 得点と脳波ゆらぎの 2 つの観測パラメータ各要素間で行った重回帰分析結果を示した。

重相関係数は 0.174 と比較的小さな値を示した。偏相関係数は傾斜値で 0.143、起始周波数は -0.027 であった。

IV. 総括と考察

1. 心的状態の観測媒体とした脳波 (α 波) 周波数の 1/f ゆらぎ

近年の社会情勢の多様化は、人の情動や情緒を複雑に、また大きく変化させ、そのマイナス面、いわゆるストレス状態の蓄積が、視床下部を含む高位中枢を興奮させ、筋緊

張亢進を引き起こし、咀嚼筋痛、顎関節痛、咬合異常等といった顎機能異常を発症させる有力な因子になり得ることが示唆されている³⁾。

したがって、顎機能異常に対する診査項目としては、咬合をはじめとする顎機能的検査に、心理アセスメント法としての心理テスト^{14,15)}、面接¹⁶⁾といった心身医学的検査項目を加えることの重要性がいわれてきている¹⁷⁾。しかし、一方ではこうした心理テスト、面接などは、心理的ストレスの負荷要因となり得る¹⁸⁾ことも事実である。

これらの問題点を解決し、患者の精神心理状態やパーソナリティを簡便にしかも有効に評価できる手段が求められてきた。

α 波周波数の周期事象 (リズム) に内在する 1/f ゆらぎ特性が、人の快・不快、気分の良し悪しに対応して変動することが、小杉らによる痛覚刺激^{19,20)}、吉田らによる臭覚刺激^{21,22)}、視聴覚刺激^{23,24)}、そして聴覚刺激^{25,26)}を用いた実験によって示唆されている。また吉田らは、これらの実験から α 波の 1/f 特性は刺激依存型でなく、個人の主観的心理状態に呼応した変動をすることを認めており、ゆらぎスペクトルの分析からかなりの説明率で個人の快・不快感、覚醒感が推定できるとした。

そこで本論では、ヒトの心理状態を把握する手段として脳波周波数のゆらぎスペクトルに着目して実験を行った。

2. 実験結果から

1) 1/f ゆらぎスペクトルによる評価

α 波周波数のゆらぎスペクトルは、気分の良いときには 1/f 的 (−1) な傾きをもつスペクトルの帯域幅が長く、気分が悪いときには短くなる、あるいはスペクトルの傾きが緩やかとなることが武者²⁷⁾、小杉ら^{19,20)}、吉田²⁸⁾によって報告されている。本論では、スペクトルが −1 に近似した傾きを開始する周波数を起始周波数としたことから、この値は 1/f 的な傾きをもつ周波数帯域幅の大小を示す。よって、暗算テストによる刺激負荷後にみられた起始周波数の平均値の増加と標準偏差の減少は、ゆらぎ特性が主観的心理状態に呼応して変動する⁴⁾ものであれば、被験者全体が不快な状態になったことを意味する。

一方、傾斜値は暗算テスト後にもほとんど変化がみられなかった。これは、ゆらぎスペクトルの 1/f 特性の崩壊過程が、まず 1/f 的な傾きをもつスペクトルの帯域幅が減少したことにより、二次的にスペクトル全体の傾斜が緩やかになる、あるいは白色化傾向が表出する²¹⁾というメカニズムであることから考えれば、スペクトルの起始周波数での変動様相に比較して、傾斜値での変化が少ないことは理解できる。

2) STAI 得点による評価

生理指標とした発汗量、血圧 (収縮期、拡張期)、心拍数の増加を根拠として、暗算テストは精神的ストレスを誘

表 3 Standard Scores of STAI
STAI 標準得点

	本論 (50 名)	岸本 (265 名)		Spielberger (982 名)	
		平常事態	ストレス事態	平常事態	ストレス事態
$\bar{X}$	42.44	45.34	56.74	40.01	54.99

起するとした岩橋ら⁸⁾の報告から類推すれば、負荷後の STAI 得点の平均値 (42.44) は、本研究ではデータ採取をしていないが、安静期の STAI 得点よりも高い値であると考えるのが妥当であろう。しかし負荷後の STAI 得点は、Spielberger らのオリジナルデータ²⁹⁾、および岸本らの標準得点¹²⁾と比較すると、彼らのストレス事態での得点よりも 10 点以上低く、むしろ平常事態での得点に近い値であった (表 3)。

これは評価段階基準に従った分類で、不安の程度が「高い」IV群と「非常に高い」V群に合計 27 名の被験者が分布し、多くの被験者が心理的に状態不安に陥ったことがうかがえるものの、不安の程度が「普通」のIII群、もしくは「低い」のII群、さらには「非常に低い」のI群に約半数の被験者 (23 名) が分布したことがその要因であると考えられる。こうした結果は、暗算による心理反応は被験者ごとで異なること、そして暗算は全被験者に共通して STAI の状態不安得点を上昇させるようなストレス要因とはなりえなかったことを示唆したものとも推察できるが、一方では、質問紙法全体に共通した問題であると考えられるが、特に STAI の状態不安については、曽我³⁰⁾が述べているように、質問紙というかなり内省的な尺度のうえに十分に反映されうるかという危惧が強いことも事実のようである。したがって、暗算後の情緒状態の変化を的確に反映しきれなかったことが、不安の程度が比較的低い者が多いという結果となったとも考えられる。

なお、STAI は安静期にも施行し、負荷後の得点と比較するのが妥当であるとも考えたが、安静期と負荷後の間では約 10 分の時間差のみであることから、STAI の質問項目、および回答を被験者が記憶して回答が偏ることを危惧したことが、本テストを負荷後のみに施行した理由である。

3) 脳波ゆらぎと心理テストの相関性

刺激 (暗算テスト) 負荷による生体応答として得られた脳波 (α 波) の周波数スペクトル解析から表出した “1/f ゆらぎ” 動態と、STAI 得点との間で行った相関係数の値からは、脳波 (α 波) の “1/f ゆらぎ” 特性と状態不安の程度間には、関連性が少ないことをうかがわせる結果となった。

これは脳波が意識水準の変動、あるいは外的刺激や内的精神作業に鋭敏に反応する³¹⁾ことから、安静期、回復期に比較して、全被験者に共通した変化を示したが、心理アセスメントとした STAI の状態不安には、既述したような

要因が考えられたことから、両者間には大きな相関がみられなかったものとする。

V. 結 論

暗算テストによって生じると考えられる心理・精神変動を、生理指標として脳波の α 波周波数の 1/f ゆらぎと心理指標として STAI の状態不安特性から検討した結果、以下の結論を得た。

1. α 波周波数の 1/f ゆらぎでは、傾斜値では、安静期、負荷期、回復期の計測期間で大きな差は認められなかった。しかし起始周波数では負荷期でいったん大きくなった値が、回復期では小さな値となり、暗算テストに依存した変動を示した。

2. STAI の状態不安は、負荷期に不安の程度が「高い」、「非常に高い」と評価される得点領域に約半数が、そして不安の程度が「普通」、「低い」と評価される得点領域に約半数が該当したが、不安得点の平均値は大きくなかった。

3. 負荷期における α 波の 1/f ゆらぎと STAI の状態不安得点との間には、大きな関連性が認められなかった。

4. 以上から、暗算テストによる心理・精神活動の変動は、STAI の状態不安得点には表出しにくく、脳波の α 波周波数の 1/f ゆらぎの起始周波数に反映することがうかがわれた。したがって、顎機能異常の発症要因として考えられている精神心理特性を α 波周波数の 1/f ゆらぎによって把握できる可能性を示唆したものとする。

文 献

- 1) 内田安信. 歯科心身症の診断と治療 1-5, 東京: 医歯薬出版, 1986.
- 2) 志村則夫. ストレスと歯科疾患. 歯界展望 75: 831-846, 1990.
- 3) Laskin DM. Etiology of the pain-dys-function syndrome. JADA 79: 147-153, 1972.
- 4) 吉田倫幸. 脳波のゆらぎ計測と快適評価. 日本音響学会雑誌 46: 914-919, 1990.
- 5) 武者利光, 高倉公明, 渡辺 潤. ゆらぎの医学—1/f ゆらぎ健康法—. 東京: 秀潤社, 1985.
- 6) 武者利光, 井上昌次郎, 宮本健作ほか. ゆらぎの科学 1, 東京: 森北出版, 1991.
- 7) 武者利光, 大津元一, 大森康二ほか. ゆらぎの科学 2, 東京: 森北出版, 1992.
- 8) 岩橋成寿, 鈴木仁一, 野村泰輔ほか. 人工的ストレス負荷による新型 GSR の変動. 循環器, PSM の会合合記録 31: 25-29, 1987.
- 9) 竹中晃二. ストレス反応の測定. 体育の科学 45: 943-948, 1995.
- 10) Spielberg CD. Anxiety behavior. Theory and research on anxiety 3-20, New York: Academic Press, 1966.
- 11) 中里克治, 水口公信. 新しい不安尺度 STAI 日本版の作成. 心身医学 22: 107-112, 1982.
- 12) 岸本陽一, 寺崎正治. 日本版 State-Trait Anxiety Inventory (STAI) の作成. 近畿大学教養部研究紀要 17: 1-14, 1986.
- 13) 山村善治, 倉知正和, 岡 孝典ほか. 脳波 (α 波) の 1/f ゆらぎスペクトルの補綴学的応用について. 補綴誌 41: 502-506, 1997.
- 14) 赤西正光, 中南匡史, 大前泰三ほか. 顎口腔機能異常者の心身医学的側面について. 日歯心身 2: 63-68, 1987.
- 15) 中南匡史, 大前泰三, 伊藤博子ほか. STAI 不安尺度と咀嚼運動の関連性について. 日歯心身 8: 26-31, 1993.
- 16) 三善 潤, 藤澤政紀, 川田 毅ほか. 顎機能異常者の心身医学的特性—咬合状態との関連について—. 日歯心身 3: 61-64, 1988.
- 17) 斎藤稔正. 心理テスト. 歯界展望 60: 1005-1012, 1982.
- 18) 山本麻子, 杉若弘子. 心理アセスメント序説. 上里一郎編, 心理アセスメントハンドブック 3-8, 新潟: 西村書店, 1993.
- 19) 小杉幸夫, 高橋孝夫, 鈴木晴男ほか. 1/f ゆらぎのリズムを持つ電気刺激による除痛について. 電気通信学会技術研究報告 MBE 78: 1-11, 1978.
- 20) 小杉幸夫, 高倉公明, 佐野圭司ほか. 1/f ゆらぎのリズムを持つ電気刺激による除痛効果について—音楽や乱数から作った 1/f 信号で刺激パルスを制御—. 日経エレクトロニクス 5: 122-244, 1979.
- 21) 吉田倫幸, 齊藤幸子, 飯田健夫ほか. 脳波の周波数ゆらぎに及ぼすニオイの効果. 味と匂のシンポジウム論文集 22: 105-107, 1988.
- 22) 吉田倫幸, 金村早穂. 脳波の周波数ゆらぎに及ぼすニオイの効果 第 2 報. 味と匂のシンポジウム論文集 22: 105-107, 1988.
- 23) 吉田倫幸. 子どものテレビ視聴時における背景脳波の 1/f 周波数ゆらぎについて. 筑波大学心理学研究 10: 27-36, 1990.
- 24) 吉田倫幸, 篠田真也. ビデオ視聴時の生理特性 II α 波のゆらぎ. 日本人間工学会誌 26: 154-155, 1990.
- 25) 吉田倫幸, 篠田晴男. 自然音・人工音に対する人間脳波の周波数ゆらぎ特性— α 波のゆらぎと快・不快感の関係—. 日本心理学会誌 53: 874, 1989.
- 26) 吉田倫幸, 永村寧一, 児玉廣之ほか. 低周波空気振動が脳波 (α 波帯域) の周波数ゆらぎに与える影響. 生理心理学と精神生理学 6: 113, 1989.
- 27) 武者利光. ゆらぎの世界—自然界の 1/f ゆらぎの不思議—. 東京: 講談社, 1980.
- 28) 吉田倫幸. 情感の生理計測. 日本産業技術振興会技術資料 187: 34-48, 1989.
- 29) Spielberger CD, Gorsueh RL, Lushene RE. STAI Manual for the State-Trait Anxiety Inventory for Children 23-49, Palo Alto, Calif: Consulting Psychologists Press, 1970.
- 30) 曾我祥子. 不安のアセスメント. 上里一郎編, 心理アセスメントハンドブック 339-359, 新潟: 西村書店, 1993.
- 31) 大熊輝男. 臨床脳波 345-366, 東京: 医学書院, 1991.